

製品紹介

ウェーハ平面研削盤 GCG300 製品紹介

Introduction of Wafer Surface Grinding Machine Model GCG300

山崎 順一
Junichi Yamazaki

半導体デバイスの高集積化に伴い、益々要求が厳しくなるシリコンウェーハの高平坦度・低ダメージ化を追及したウェーハ全自動平面研削盤を開発し、市場導入後量産工程において生産に貢献している。その背景と織り込んだ技術内容を解説し製品紹介する。

Meeting the market requirements for silicon wafers with high flatness and minimal damage, which have become increasingly stringent in the face of highly integrated semiconductor devices, a fully automated surface grinding machine has been developed and introduced into the market, where it is making a contribution in high volume production lines in semiconductor plants. The background to the development and technologies used in the grinding machine are explained and the product profile is described.

Key Words: silicon wafer, high flatness, low-damage grinding, high productivity, ultraprecision grinding, high loop rigidity, air spindle, nano-level micro feed

1. はじめに

MPU、メモリなど半導体デバイスにおいては、さらなる高集積化が進められている。それに伴いシリコンウェーハにおいては高平坦度で且つ低ダメージであることが要求されており、この要求を満たす為の製造工程が研究されてきた。現在これを達成する為の有効な手段として仕上げ研磨の前に高精度な平坦度を確保しておくという思想から、研削工程の導入が有効であることが事前の研究により明白になっている。

このような背景を元にこれまでコマツ電子金属（株）（現社名：SUMCO TECHXIV（株））、コマツ 研究本部、（株）和井田製作所およびコマツ工機（株）の4社で進めてきた協業プロジェクトの研削技術を具現化するために製作したφ200mm ウェーハ用研削盤の開発技術をベースにして、高平坦度・低ダメージを追及したφ300mm ウェーハ用の平面研削盤 GCG300 を開発し、市場導入後量産工程において生産に貢献しているため、その概要を紹介する。

表1 主要スペック

項目	仕様値
加工対象ウェーハ	φ300mm
砥石スピンドル回転数	600~3000min ⁻¹
チャックスピンドル回転数	0~450min ⁻¹
砥石送り軸ストローク	120mm
チャックテーブル数	2
カセット取付数	4



写真1 GCG300

2. 開発のねらい

ウェーハメーキング用の全自動平面研削盤として高平坦度と低ダメージを追及し、基本設計コンセプトおよび主要機械要素については次世代以降のウェーハ品質へも対応できることを前提に開発した。

開発のねらいと達成手段としては表2のように設定し、後述のセリングポイントにつなげるよう力点をおいた。

表2 ねらいと達成手段

ねらい	達成手段
1) 高平坦化研削	「低熱変位」・横型加工ユニットで低全高 ・高剛性、高精度エアスピンドル&主軸冷却で低発熱 「平坦度調整」・砥石軸、チャック軸偏角の独立調整 「高平坦保持」・オリジナルチャック
2) 低ダメージ研削	「低振動」・砥石&チャック主軸にエア静圧採用 「高剛性」・砥石、ウェーハ保持系の高ループ剛性 「微小送り」・ナノレベルの高精度微小送り 「砥石」・砥石メーカーとタイアップでの研究開発
3) 高生産性	「システム」・左右2頭での両面加工+搬送ロボット 「IT」・状態表示&管理データ収集、通信

「セリングポイント」

高平坦化研削が可能なことより

- ・ウェーハ全面の平坦度 (GBIR) の変動が小さい
- ・形状コントロール性が高い
- ・チップサイズのサイトでの平坦度 (SFQR) の向上

低ダメージ研削が可能なことより
・後工程の研磨取代の低減
高生産性が可能な構成であること

3. 主な特徴

3.1 高平坦化研削

高平坦化研削を可能にする手段として、独自の横型加工ユニット構造を採用し、高剛性・低熱変位を実現し連続加工においても安定した高平坦度を達成している。また砥石スピンドル、チャックスピンドルとも高精度エアスピンドルを採用し、主軸冷却機構を組み入れ低発熱での運転を可能にしている。

以下に本機の砥石、チャック部を示す (写真2)。

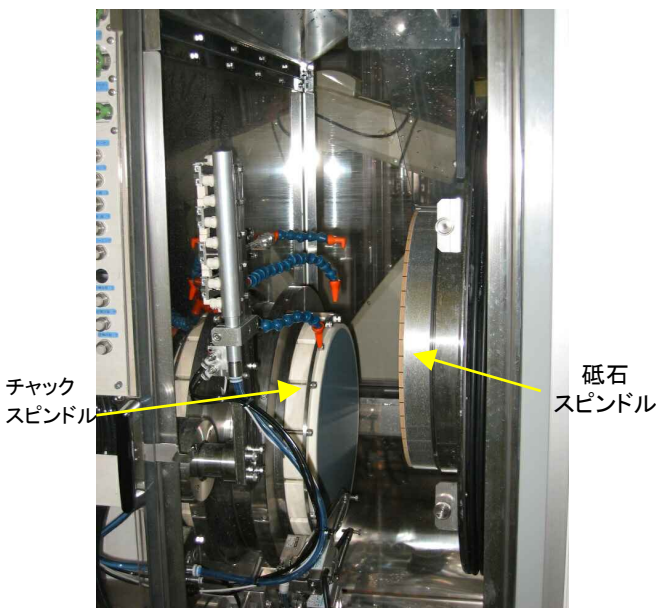


写真2 GCG300 砥石、チャック部

(1) 加工精度 (コマツ工機テストデータより)

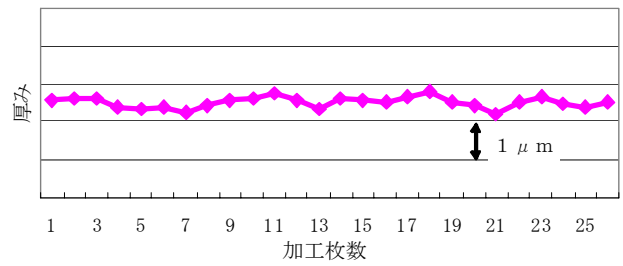


図1 厚みバラツキ

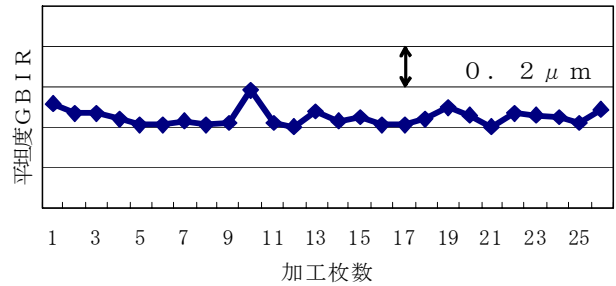


図2 平坦度 GBIR (φ300mm) バラツキ

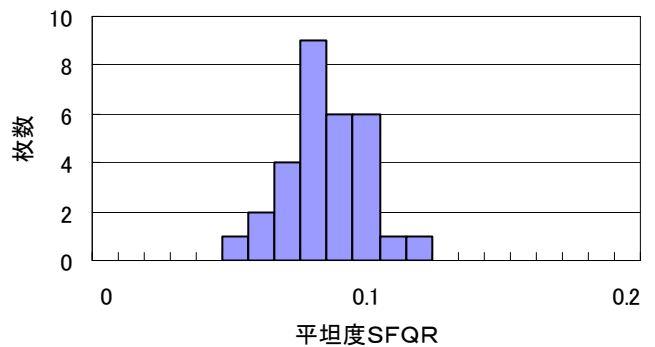


図3 平坦度 SFQR (□25mm)

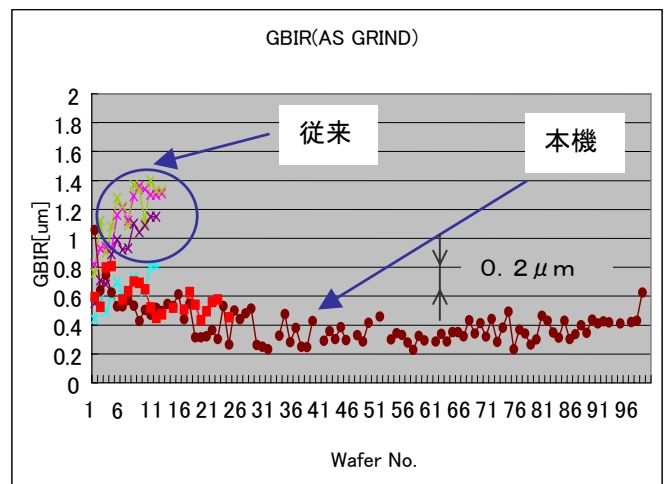


図4 平坦度 GBIR (φ300mm) の変動

加工精度については厚みバラツキ(図1)、平坦度 GBIR / φ300mm(図2)ともバラツキが小さく、チップサイズレベルのサイトでの平坦度 SFQR(図3)も良好である。さらに最近では砥石の研究開発により平坦度の向上がなされている。また図4から特に稼動開始直後の平坦度の安定性に優れていることが分り、横型加工ユニットの特長である低熱変位が生かされた結果が出ていると考える。

次に、この高平坦研削を可能としている技術について詳細に説明していく。

(2) 高平坦化研削の達成手段

①横型加工ユニットで低全高

本機では加工ユニットの高さを低くし力学的および熱的安定を得られるように、独自の横型加工ユニット構造を採用した。これにより、高剛性・低熱変位が可能となり連続加工においても安定した高平坦度を実現している。

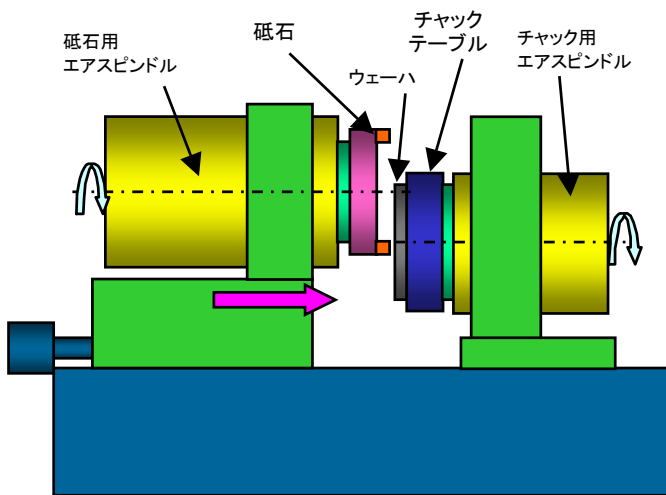


図5 横型加工ユニット

②高剛性、高精度エアスピンドル&主軸冷却

砥石用、チャック用ともスピンドル軸受として大型多孔質エア軸受を採用しているので高剛性であり、かつ回転する主軸がエアにより浮上し非接触で支持されているので高速で高精度な回転が得られる。

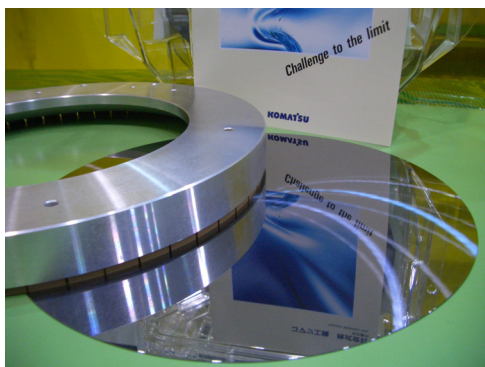


図6 砥石と加工後のウェーハ

また、砥石側主軸の駆動はビルトインモータによって行なっているが、軸受部との間の低熱伝導部材およびモータ外套部の冷却により熱変位を低く抑える機構となっている。

③砥石軸、チャック軸偏角の独立調整

ウェーハの加工は回転するチャックの上にウェーハを吸着し、対向して設置された砥石軸を徐々にウェーハ側に送ることにより所定の厚さを得るインフィード方式である。

砥石とウェーハの位置関係は図7に示すが、砥石軸はチャックに対して僅かに傾斜をもたせ、ウェーハを加工する前の調整としてチャックテーブル表面をチャック専用の砥石で僅かに凸になるようにセルフカットする。この為、実際にウェーハが加工途上のある時点で研削されるのは図に示すウェーハの外周から中心にかけての「研削長」の部分であり、この部分の砥石のウェーハへの当り方が加工精度を決めることになる。

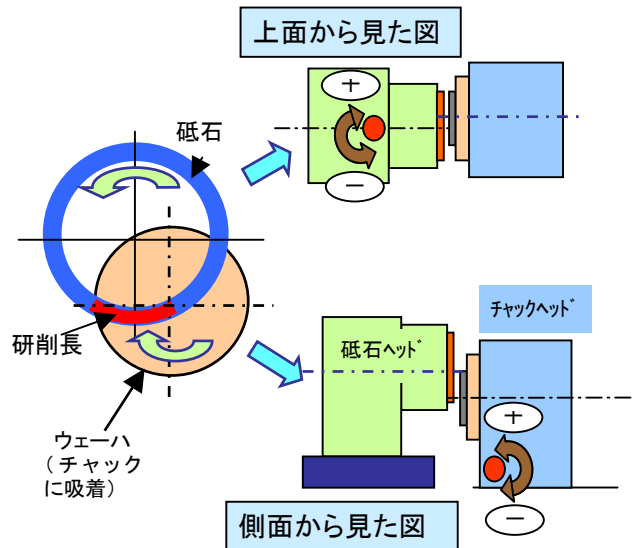


図7 平坦度の調整機構

超精密にウェーハを研削するためには、砥石とウェーハの位置関係が非常に重要である。ウェーハを加工する前のチャックテーブル表面をセルフカットするとき、ウェーハを研削するときの加工負荷の違いから、そのままの位置関係ではチャックに対してウェーハの形状に差異が生じ平坦度は出なくなるので軸調整をする必要がある。本機には砥石ヘッドとチャックヘッドに独立して軸調整機構があり、図8は砥石軸偏角調整でウェーハの凸量、チャック軸偏角調整により外周から中央にかけての直線性を独立して調整できる。この機構により形状のコントロールが容易でかつ、機械剛性が高いことから繰り返し性も良く、短時間で調整作業時間ができる。

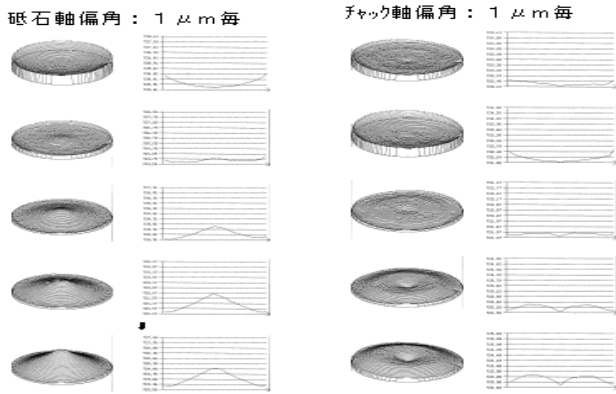


図8 軸調整によるウェーハの形状コントロール

④オリジナルチャック

近年、チップの取得率を向上する為にウェーハの外周部ぎりぎりまで平坦度が要求されるようになってきている。この為ウェーハのエッジダレを低減する必要性がでており、ウェーハを外周まできちんと吸着できるように吸着時のリークがほとんど無く、かつチャックのセルフカットを行なっても吸着外周部まで平坦に加工できるチャックを開発した。

オリジナルチャックを使った効果としてエッジダレを低減でき、平坦度 SFQR を向上できた。

図9にはエッジダレ、図10には吸着されたウェーハの形状を示す。従来のチャックによる吸着ではエッジダレが大きく吸着されたウェーハの形状は波打っている。一方オリジナルチャックでは、エッジダレも小さく吸着の状態はチャック形状に倣っており波打っていない。

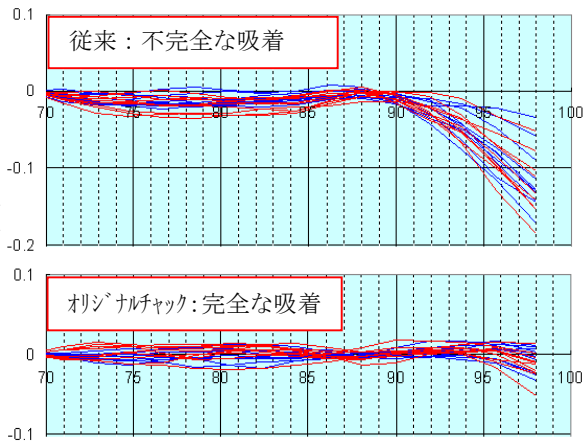


図9 エッジダレ

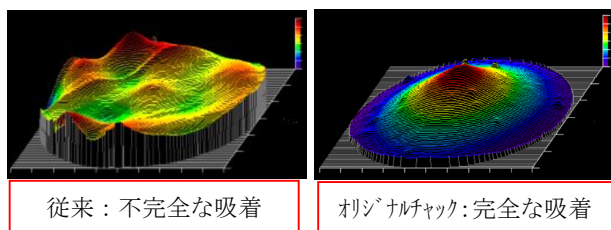


図10 吸着されたウェーハの形状

3.2 低ダメージ研削

半導体ウェーハに最終的に求められる品質として、高平坦度とともにダメージレスがある。ウェーハメーカーの加工の最終工程での研磨（ポリッシング）でなければダメージの完全除去はできないのだが、この工程は加工レートが低いと形状創生能力がないので、研磨装置の負荷低減と研削で作出した形状を崩さない為に研磨取代を低減させなければならない。そのため、研磨前の研削工程ではダメージをできるだけウェーハに与えない加工が必要である。

(1) 低ダメージ研削の達成手段

低ダメージ研削の理想は、図11の右側に示す延性モード研削である。左は通常の研削で脆性モードの研削の例でありダメージが深く残る。延性モード研削を実現するためには、砥石切れ込み量を安定して D_c (Critical penetration depth for fracture initiation) 以下に制御しなければならず、シリコンウェーハの場合は $0.1 \mu m$ 程度といわれている。

つまり、 $d_s < D_c \approx 0.1 \mu m$ ということになる。

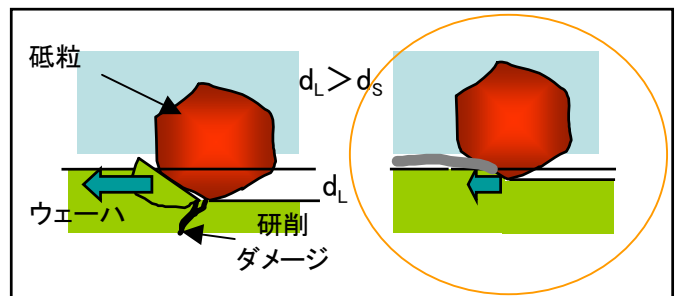


図11 研削メカニズムのイメージ

延性モード加工による低ダメージを実現する為には、

- 「低振動」・砥石&チャック軸にエア静圧採用
- 「高剛性」・砥石、ウェーハ保持系の高ループ剛性
- 「微小送り」・ナノレベルの高精度微小送り

が必要になり、これによって運動転写原理に基づいたナノメータオーダーの運動精度から極めて少ない加工変質層が得られることになる。

本機の構成はこの延性モードを目指して、図12の構成で開発したものである。

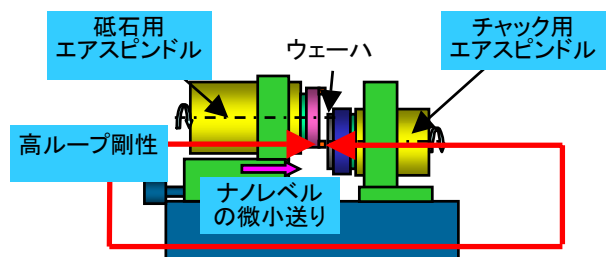


図12 低ダメージを実現する機械構成

(2) 砥石メーカーとのタイアップ研究開発

さらなる低ダメージ化への取り組みとして 1 μ m 以下の砥粒を使った超微細砥石をメーカーと共同で研究開発している。

図 13 には従来の砥石と超微細砥石で加工した後のダメージを検証する為に TEM 観察した結果を示す。これによるとダメージ深さはおよそ 1/5 になっている。今後加工条件等最適化を図っていく。

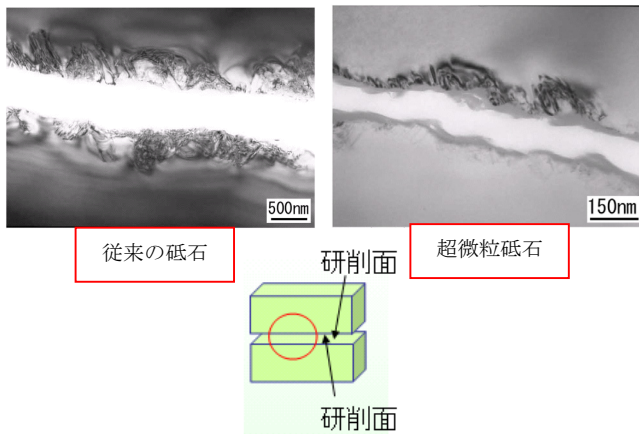


図 13 TEM 観察結果

3.3 高生産性

(1) 高スループットを可能としたシステム

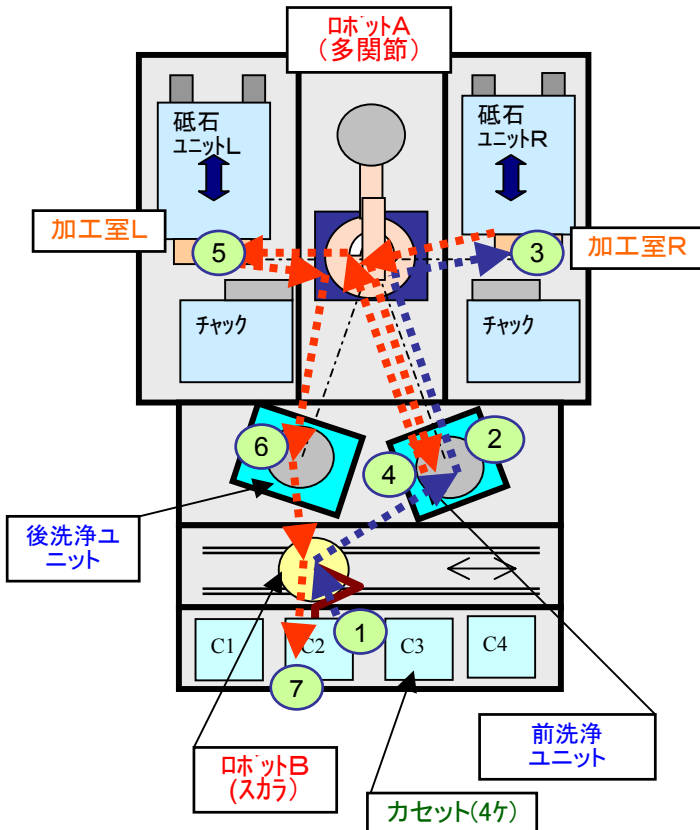


図 14 装置システム

図 14 に示すシステムの動作としては下記の通りである。

- ① カセットからロボットBでウェーハを抜き出し、前洗浄ユニットに装着。
- ② チャック吸着面となるウェーハ面をブラシ洗浄し、その後エアブロー乾燥を行なう。
- ③ ロボットAで前洗浄ユニットから加工室Rへ搬入し、第1面を加工。
- ④ 加工された面（次工程：加工室Lでのチャック吸着面）を洗浄。
- ⑤ ロボットAで加工室Lへ搬入し、第2面を加工。
- ⑥ ロボットAで後洗浄ユニットへ搬送し、加工後のウェーハを水洗浄し、その後スピン乾燥を行なう。
- ⑦ ロボットBで両面を加工したウェーハをカセットへ収納

(2) ITによる生産効率の向上

- ① ウェーハ品質安定、装置予防保全
 - ・ 平面研削盤本体とデータ収集用 PC をローカル接続することにより、砥石磨耗量、チャック吸着圧、研削水量、モータ電流などのトレンドを解析でき、ウェーハの安定生産に寄与する。
- ② 生産管理
 - ・ 平面研削盤本体とホスト PC をネットワーク接続し、ロット No.、カセット内枚数、加工レシピ、装置 ID などの指示データおよび加工開始時間、砥石電流・磨耗量、加工前後厚みなどの加工データを通信する。通信プロトコルは SEMI 規格 (GEM) 対応可能である。
- ③ 装置稼働率向上 (ダウンタイム短縮)
 - ・ データ収集用 PC とリモートアクセスをインターネットまたは社内回線 (VPN) で行い、装置付属の操作パネルと同様な操作が可能となり故障原因究明と復帰が短縮化される。また、制御回路の編集・更新が可能となる。これにより、生産現場と直結した対応がとれるので、ダウンタイムを最小限とすることができる。

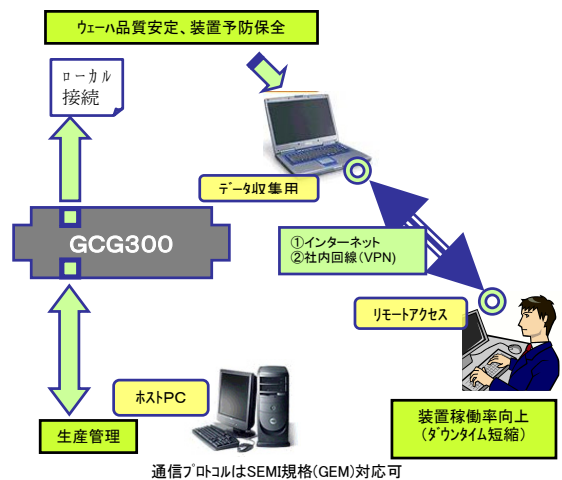


図 15 ITによる生産効率の向上

4. おわりに

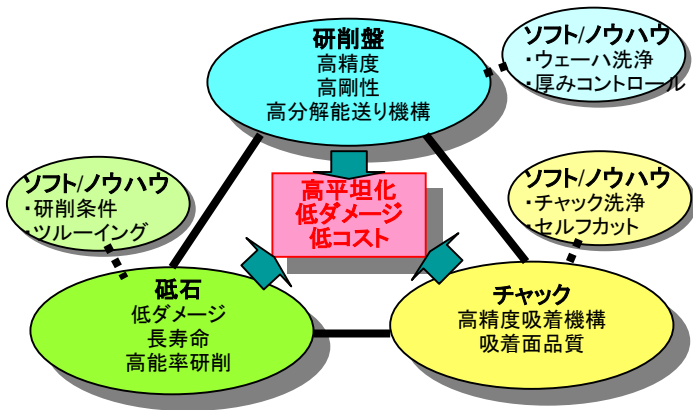


図 16 トータルソリューション

工作機械メーカーの技術力で精度・剛性を追求した研削盤であり、砥石を主要な工具メーカーと共同開発してきたので適応範囲が広く、ニーズにマッチした最適な砥石を使用することができる。

また、高平坦化に対応した本機独自のチャックを提供できる。

以上により、研削盤を中心としたウェーハ研削技術に関し、トータルソリューションでお客様のニーズにお答えします。

筆者紹介



Junichi Yamazaki

山崎 順一 1982年、コマツ入社。
現在、コマツ工機(株) エレクトロニクス事業部 エレクトロニクス開発室所属。

【筆者からのひと言】

当社はエンジンのクランクシャフト加工機を中心とした工作機械に強みを持ち工作機械事業を展開していますが、これとともにエレクトロニクス事業として、半導体生産設備と液晶製造装置関連ビジネスを展開しております。半導体生産設備としては長年シリコン単結晶引上げ装置を製造してきましたが、半導体ウェーハ生産工程において次の柱になる商品の市場投入という命題を抱えておりました。今回紹介しましたウェーハ平面研削盤 GCG300 を開発・市場投入でき、量産工程において生産に貢献するまでに至りました。現在、我々のビジネス環境において大きな変化を迎えています。これをチャンスと捉えてお客様のニーズを盛り込んでいき、さらなる発展につながるようにしていきたいと思っております。